



石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

网络精品课程

材料力学

第2章 轴向拉伸和压缩

第6讲 拉压杆的强度计算

主讲：李皓玉

主要内容

- 一、拉压杆的强度条件
- 二、许用应力
- 三、例题



一、拉压杆的强度条件

强度条件:
$$\sigma_{\max} \leq [\sigma] = \frac{\sigma^0}{n}$$

$[\sigma]$ —许用应力; σ^0 —极限应力; n —安全因数

等直杆:
$$\sigma_{\max} = \frac{F_{N\max}}{A} \leq [\sigma]$$

利用强度条件可以进行三类计算

一、拉压杆的强度条件

1. 强度校核: $\sigma_{max} = \frac{F_{Nmax}}{A} \leq [\sigma]$

通常允许有5%内的超限 $\frac{\sigma_{max} - [\sigma]}{[\sigma]} \times 100\% < 5\%$

2. 设计截面: $A \geq \frac{F_{Nmax}}{[\sigma]}$

3. 确定许可载荷: $F_{Nmax} \leq A[\sigma]$

二、许用应力

$$[\sigma] = \frac{\sigma^0}{n}$$

极限应力是材料发生显著塑性变形或破坏时的应力，由实验确定。

脆性材料 $\sigma^0 = \sigma_b$ $n_b \approx 2.5 - 3$ 有时可大到4-14

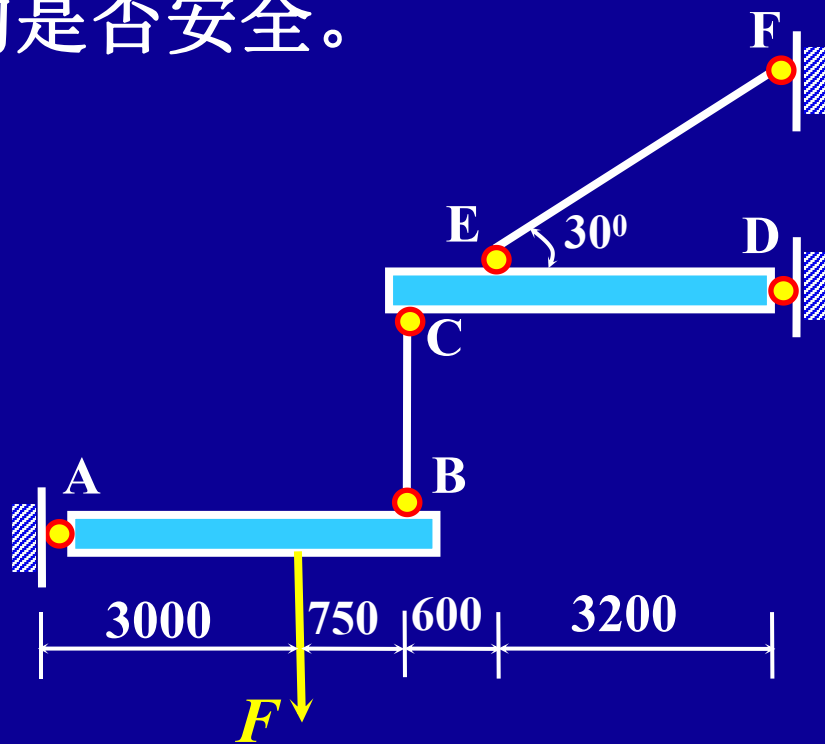
塑性材料 $\sigma^0 = \sigma_s$ $n_s \approx 1.25 - 2.5$

常用材料的许用应力值

材料	拉伸/MPa	压缩/MPa
Q215、Q235	140~170	140~170
16锰钢	215~240	215~240
木材（顺纹）	5.5~10.0	8~16
灰口铸铁	35~55	160~200

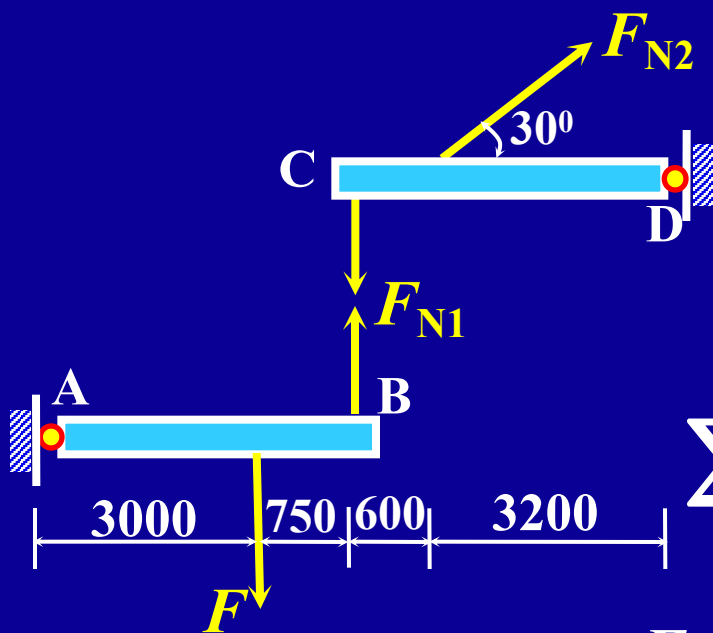
三、例题

例题：结构尺寸及受力如图所示，AB、CD为刚体，BC和EF为圆截面钢杆。钢杆直径 $d=25\text{mm}$ ，二杆材料均为Q235钢，许用应力 $[\sigma]=160\text{MPa}$ ， $F=39\text{kN}$ ，校核此结构是否安全。



三、例题

1. 求BC和EF杆的轴力



$$\sum M_A = 0 \quad 3.75F_{N1} - 3F = 0$$

$$F_{N1} = \frac{3F}{3.75} = \frac{3 \times 39}{3.75} = 31.2 \text{ kN}$$

$$\sum M_D = 0 \quad 3.8F_{N1} - 3.2F_{N2} \sin 30^\circ = 0$$

$$F_{N2} = \frac{3.8F_{N1}}{3.2 \times \sin 30^\circ} = \frac{3.8 \times 31.2}{1.6} = 74.1 \text{ kN}$$

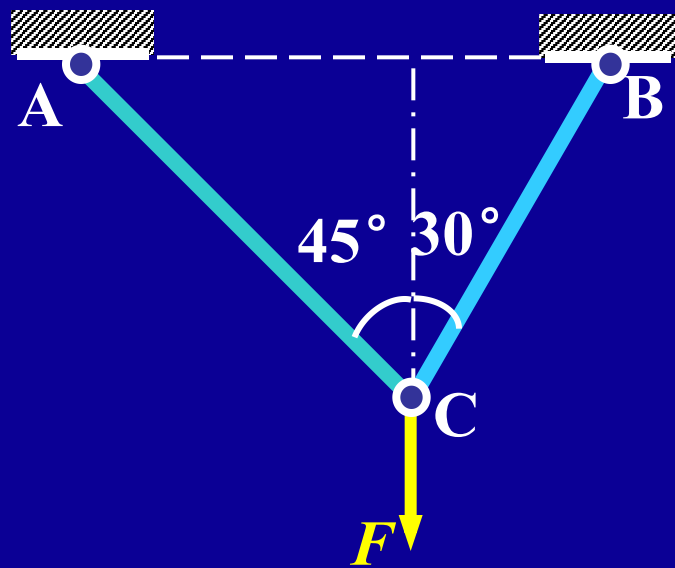
2. 校核此结构的强度

此结构安全

$$\sigma_{\max} = \frac{F_{N2}}{\pi d^2 / 4} = \frac{74.1 \times 10^3 \times 4}{\pi \times 25^2 \times 10^{-6}} = 151 \text{ MPa} < 160 \text{ MPa}$$

三、例题

例题：图示结构中BC和AC都是圆截面直杆，AC杆的直径为 $d_1=20\text{mm}$ ，BC杆的直径为 $d_2=30\text{mm}$ ，材料的许用应力 $[\sigma]=160\text{MPa}$ ，试求该结构的许可载荷。



三、例题

1. 求AC和BC杆的轴力

由C节点平衡条件

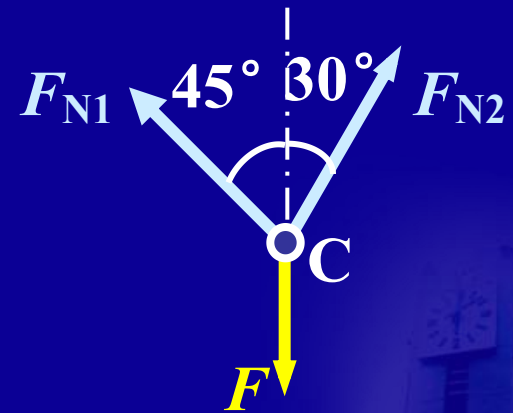
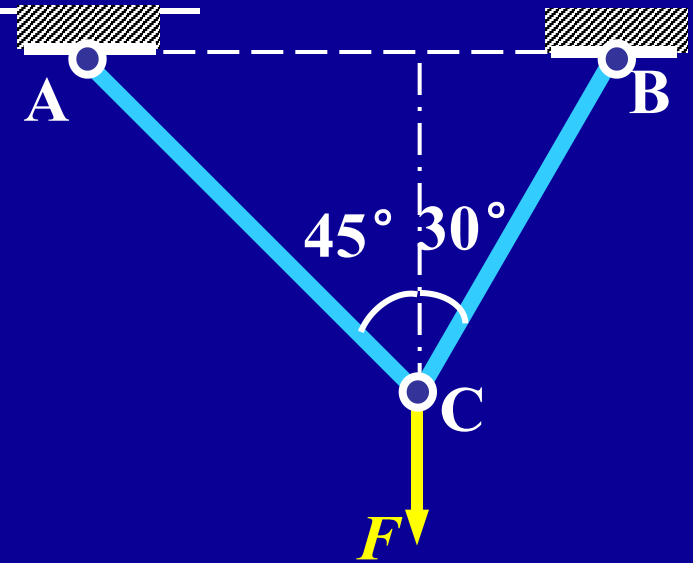
$$F_{N1} \sin 45^\circ = F_{N2} \sin 30^\circ$$

$$F_{N1} \cos 45^\circ + F_{N2} \cos 30^\circ = F$$

得

$$F_{N1} = \frac{\sqrt{2}}{(1+\sqrt{3})} F \quad F = \frac{\sqrt{2}(1+\sqrt{3})}{2} F_{N1}$$

$$F_{N2} = \frac{2}{1+\sqrt{3}} F \quad F = \frac{1+\sqrt{3}}{2} F_{N2}$$



三、例题

2. 求结构的许可荷载

$$[F] = \frac{\sqrt{2}(1+\sqrt{3})}{2} [F_{N1}] = \frac{\sqrt{2}(1+\sqrt{3})}{2} \times \frac{\pi d_1^2}{4} [\sigma]$$

$$= 1.932 \times \frac{3.14 \times 0.02^2}{4} \times 160 \times 10^6$$

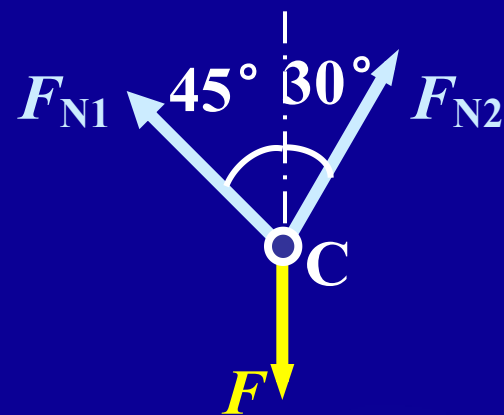
$$= 96.98 \text{ kN}$$

$$[F] = \frac{(1+\sqrt{3})}{2} [F_{N2}] = \frac{(1+\sqrt{3})}{2} \times \frac{\pi d_2^2}{4} [\sigma]$$

$$= 1.366 \times \frac{3.14 \times 0.03^2}{4} \times 160 \times 10^6 = 154.36 \text{ kN}$$

$$F = \frac{\sqrt{2}(1+\sqrt{3})}{2} F_{N1}$$

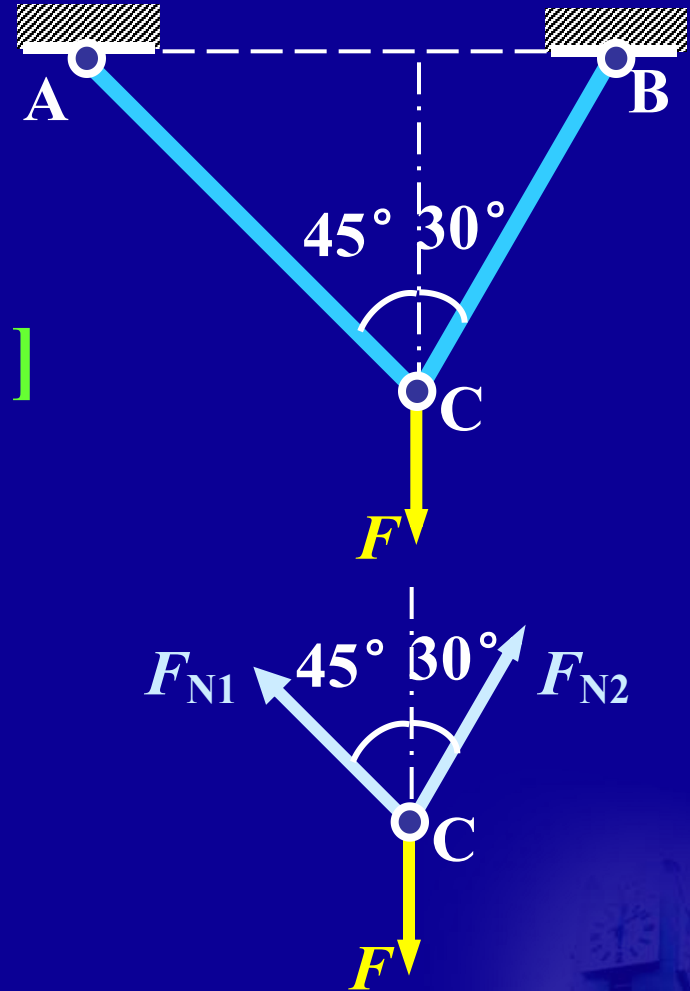
$$F = \frac{1+\sqrt{3}}{2} F_{N2}$$



三、例题

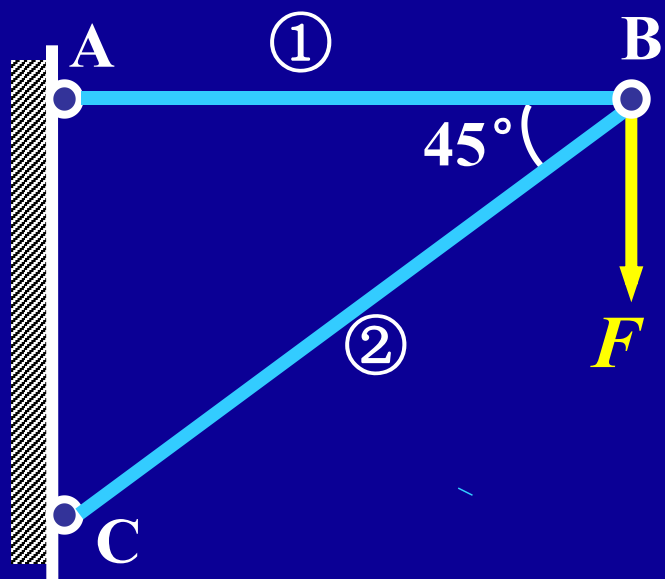
许可载荷 $[F] = 96.98\text{kN}$

~~$$[F_{N1}] \cos 45^\circ + [F_{N2}] \cos 30^\circ = [F]$$~~

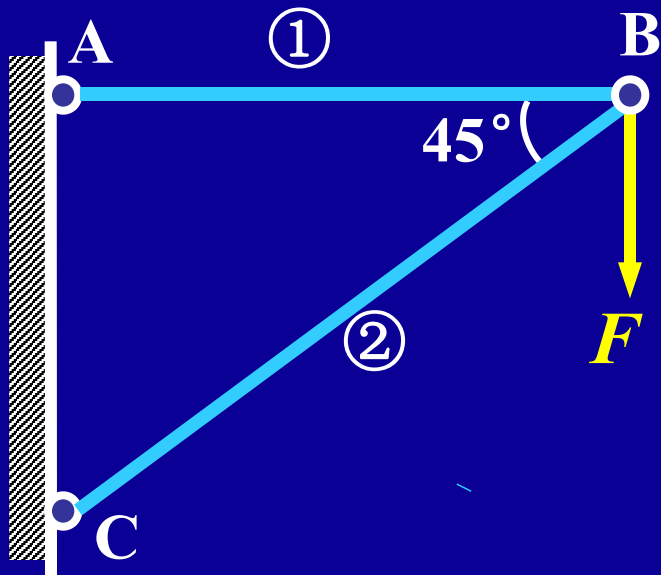


三、例题

例题：图示三角架，AB为圆截面钢杆，BC为正方形截面木杆，已知钢材的容许应力 $[\sigma_1] = 170\text{MPa}$ ，木材的容许应力 $[\sigma_2] = 10\text{MPa}$ ，荷载 $F = 10\text{kN}$ 。试设计AB杆和BC杆的截面尺寸。



三、例题



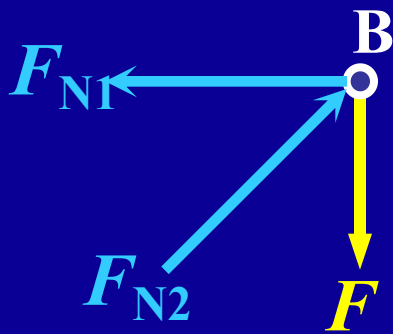
1. 求AB和BC杆的轴力

$$\sum x = 0 \quad F_{N2} \cos 45^\circ = F_{N1}$$

$$\sum y = 0 \quad F_{N2} \sin 45^\circ = F$$

$$F_{N1} = 10\text{kN} \quad F_{N2} = 14.14\text{kN}$$

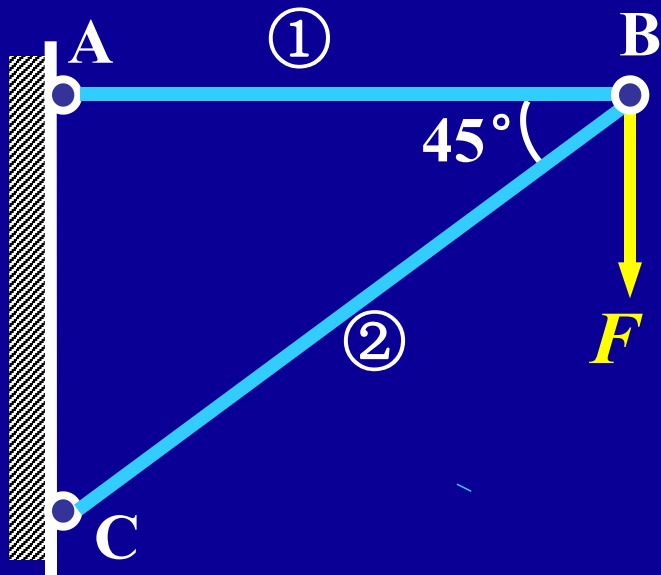
2. 设计AB和BC的截面尺寸



$$\sigma_1 = \frac{F_{N1}}{A_1} = \frac{4F_{N1}}{\pi d^2} = [\sigma_1]$$

$$d = \sqrt{\frac{4F_{N1}}{\pi[\sigma_1]}} = \sqrt{\frac{4 \times 10}{\pi \times 170 \times 10^3}} = 8.65\text{mm}$$

三、例题



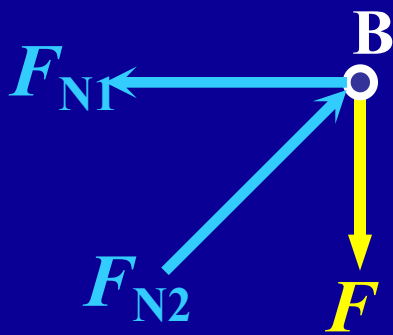
1. 求AB和BC杆的轴力

$$\sum x = 0 \quad F_{N2} \cos 45^\circ = F_{N1}$$

$$\sum y = 0 \quad F_{N2} \sin 45^\circ = F$$

$$F_{N1} = 10\text{kN} \quad F_{N2} = 14.14\text{kN}$$

2. 设计AB和BC的截面尺寸



$$\sigma_2 = \frac{F_{N2}}{A_2} = \frac{F_{N2}}{a^2} = [\sigma_2]$$

$$a = \sqrt{\frac{F_{N2}}{[\sigma_2]}} = \sqrt{\frac{14.14}{10 \times 10^3}} = 37.6\text{mm}$$